

Рис. 3. Зависимость потерь полного давления от массового расхода рабочего тела

Таким образом, модернизация выходного устройства ЦБК позволяет сократить потери полного давления, что приводит к повышению КПД газоперекачивающего агрегата. Для дальнейшего повышения эффективности работы ЦБК необходимо проводить оптимизационную доводку геометрии как выходного устройства, так и лопаточного аппарата компрессора, а также обеспечить максимально согласованную работу всех узлов ЦБК. Реализация подобных мероприятий позволит обеспечить более высокие параметры по энергосбережению не только в рамках одного агрегата, но и всего газотранспортного предприятия в целом.

Список использованных источников

1. Входные и выходные устройства центробежных компрессоров / А. А. Мифтахов, В. И. Зыков. Казань: ФЭН, 1996. 198 с.
2. Блинов В. Л. Выбор параметров расчетной модели при решении задач многокритериальной оптимизации плоских компрессорных решеток / В. Л. Блинов, Ю. М. Бродов, В. А. Седунин, О. В. Комаров // Компрессорная техника и пневматика. 2015. № 1. С. 36-42.

УДК 624.9

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ КРИВОЙ ТОКА ПОТРЕБИТЕЛЯ НА ВЕЛИЧИНУ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ В СЕТИ 0,4 кВ

INFLUENCE OF SHAPE OF CUSTOMER'S CURRENT CURVE ON VALUE OF POWER LOSSES OF ELECTRICAL SYSTEM 0,4 кV

Волынцева О. А, Гаврилова А. Е, Шелюг С. Н.

Volynceva O. A., Gavrilova A. E., Shelyug S. N.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе изложено влияние несинусоидального потребителя на расчеты электрических потерь. Для учета искажений используются гармонические составляющие, вводя понятие токов высших гармоник, с разложением их в ряд Фурье, с учетом поверхностного эффекта. Проанализировано влияние изменения формы кривой тока на величину потерь, как при одинаковой форме кривой так, так и при различной форме по фазам. Получено, что потери на реальном объекте больше, чем рассчитанные по классическому методу анализа. Учет несинусоидальности потребителя приводит к более точному расчету потерь электрической энергии.

Abstract: It is described the influence of non-sinusoidal electric consumer in the calculations of losses. For the account of distortion is used the harmonic components, by introducing the concept of harmonic currents, with their Fourier series expansion, taking into account the skin effect. Analyzed influence of changes in the current waveform to the magnitude of the losses, both in the same waveform as in various forms in the phases. Received the losses on the real object more than calculated by the classical method of analysis. Accounting for non-sinusoidal consumers leads to more accurate calculation of electricity losses.

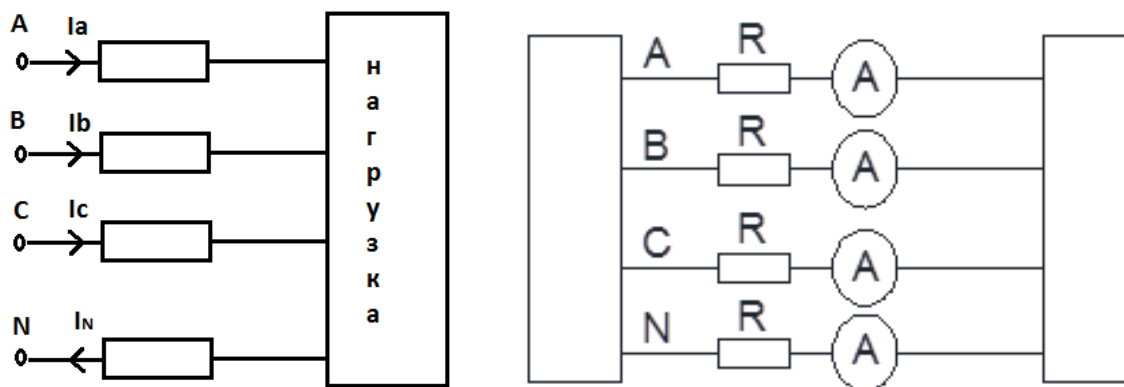
Ключевые слова: несимметричность; несинусоидальность; поверхностный эффект; потери электроэнергии; действующие значения, форма кривой тока.

Key words: imbalance; non-sinusoidal; skin effects; power losses; current values; shape of customer's current.

Исследования, проводимые в последнее время [1, 2], показали, что в электрических сетях растет доля нелинейной и несинусоидальной нагрузки. Они в свою очередь обуславливают появление нормальных несимметричных и несинусоидальных режимов электрических сетей. Методики расчета и анализа таких режимов сопряжены с серьезными сложностями и требуют существенной модификации общепринятых алгоритмов моделирования электрических сетей базирующихся на допущении о симметричности и синусоидальности нагрузок и элементов электрической сети.

Рассмотрим расчет потерь электрической энергии трехфазной сети 0,4 кВ. На данный момент известно несколько способов. Первым, классическим, является метод, который основан на принятии допущения о симметричности всех фаз: $I_A = I_B = I_C = I$, $I_N=0$.

$$\Delta P = 3 * I^2 * R \quad (1)$$



Рассматриваемая схема трехфазной электрической цепи

Второй способ учитывает несимметрию токов по фазам:

$$\Delta P = \Delta P_A + \Delta P_B + \Delta P_C + \Delta P_N \quad (2)$$

При расчете двумя вышеуказанными способами, система рассматривается с синусоидальной нагрузкой по фазам.

Для учета влияния искажений протекающих токов используют гармонические составляющие, вводя понятие токов высших гармоник, с разложением кривой в ряд Фурье. Уравнение для расчета потерь мощности приобретает вид:

$$\Delta P = I_0^2 * R_0 + \sum_{n=1}^{40} [\sqrt{n} (I_{an}^2 * R_a + I_{bn}^2 * R_b + I_{cn}^2 * R_c + I_{nn}^2 * R_n)] \quad (3)$$

Наличие множителя \sqrt{n} обусловлено учетом поверхностного эффекта. Как известно, при протекании по проводнику переменного тока, плотность тока оказывается не одинаковой по сечению: она наибольшая на поверхности и наименьшая на оси проводника. Эта неравномерность тем больше, чем толще проводник и чем больше частота переменного тока, и при очень больших частотах ток практически существует только в тонком поверхностном слое и получило название поверхностный эффект.

Изучение явления поверхностного эффекта было описано в [3]. Используя данный вывод и исследуя эффект в цилиндрических координатах с использованием уравнений Максвелла и электромагнитной индукции, с последующим применением функций Бесселя, можно получить уравнения для активного и реактивного сопротивлений:

$$R_n = R_1 \cdot \sqrt{n}, \quad X_n = X_1 \cdot \sqrt{n}, \quad B_n = B_1 \cdot n, \quad (4)$$

где n – номер гармоники; R_1 , X_1 и B_1 – активное, реактивное сопротивление и реактивная проводимость линии соответственно на первой гармонике.

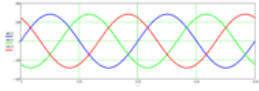

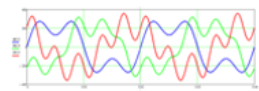
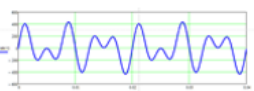
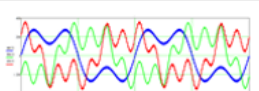
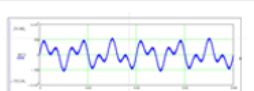
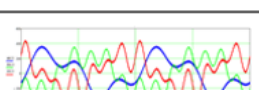
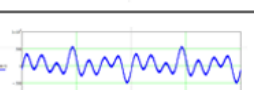
Для того чтобы наглядно показать необходимость учета несимметричности и несинусоидальности нагрузки, а также влияние

поверхностного эффекта на расчет потерь мощности в сети 0,4 кВ в соответствии со схемой на рисунке. В эксперименте действующие значения тока одинаковые, но коэффициент искажения синусоидальности формы тока K_i изменяется по фазам в пределах от 0 до 70 %. Форма кривой тока в фаза различна. Результат показан в табл. 1.

Сравнивая результаты оценки влияния изменения кривой формы тока, можно заметить, что чем больше коэффициент искажения, тем больше потери электроэнергии.

Таблица 1

Результаты первого численного эксперимента

№	Форма кривой фазных проводов	Форма кривой тока нулевого провода	ΔP , Вт	Рост ΔP , %
1			4 320,0	
2			5 862,3	36
3			8 196,1	90
4			12 256,3	182

Далее были произведены измерения потерь на реальном объекте (табл. 2).

Таблица 2

Параметры исследуемого объекта

Параметр	Минимальное значение	Среднее значение	Максимальное значение
Сечение, мм ²	50	166	240
Протяженность, м	38	153	238
K_i , %	11,53	29,36	49,77

Измеренные потери составили 42,3 кВт (5,34 %). При расчете классическим методом 24,8 кВт (3,13 %). С учетом всех факторов потери составляют 39,5 кВт (4,99 %). Отличия от замеренных значений не превышает класс точности измерительных приборов.

Результаты исследований показывают, что искажение формы кривой тока существенно влияет на величину потерь мощности в сети 0,4 кВ. С целью повышения эффективности передачи электроэнергии в сети 0,4 кВ необходимо проводить мероприятия по улучшению формы кривой тока потребителей установкой фильтрокомпенсирующих установок или на этапе проектирования, или в процессе текущей эксплуатации.

Список использованных источников

1. Бучкина Е.А., Аксютин И.Я., Сиренко В.В., Боровиков С.В. Динамика изменения показателей качества электроэнергии в распределительных сетях ОАО «МОЭСК». Управление качеством электрической энергии: Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Москва, 26-28 ноября 2014 г. М.: ООО «Центр полиграфических услуг Радуга», 2014.
2. Боровиков В.С., Волков М.В., Иванов В.В и др. Опыт корпоративного обследования электрических сетей 110 кВ Сибири: Монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 228 с.
3. Ollendorff F., Potentialfield der Electrotechnik, Berlin, 1932

УДК 697.922.563 + 532.525.2

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРУИ, ИСТЕКАЮЩЕЙ ИЗ СРЕДНЕГО БОКОВОГО ОТВЕРСТИЯ

STUDY OF KINEMATIC PROPERTIES OF JET FLOWING FROM THE MIDDLE SIDE DUCT ORIFICE

Гимадиева Г. А., Зиганшин А. М.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г.
Казань, amziganshin@kgasu.ru

Gimadieva G. A., Ziganshin A. M.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan

Аннотация: В работе рассмотрена приточная струя, выходящая из плоского канала через боковое отверстие. Определен угол выхода струи, а так же ее кинематические свойства. Построены профили скорости. Приведено сравнение полученных результатов с известными данными.

Abstract: In work the supply jet flowing out of the flat channel through a side orifice considered. Determined jet exit angle, as well as its kinematic properties. The velocity profiles plotted. The comparison of the results with the known data carried out.

Ключевые слова: приточное отверстие; среднее боковое отверстие; профили скорости; угол выхода струи.

Key words: supply orifice; middle side orifice; velocity profiles; jet exit angle.

При проектировании систем вентиляции требуется знать данные для расчета воздухораспределения, а также для определения потерь давления, такие, как коэффициенты местных сопротивлений и коэффициенты затухания струй. Для определения КМС обычно пользуются данными, приведенными в